

	ORIENTAÇÃO TÉCNICA - DISTRIBUIÇÃO	Número: OTD 034.01.02	Folha: 1/6
	MEDIÇÃO DE ATERRAMENTO	Emissão: 09/02/2006	Revisão: 00/00/0000

1. Objetivo

Estabelecer critérios e procedimentos para a medição da resistência de aterramento com a utilização do terrômetro.

2. Aplicação

Distribuição.

3. Documentos de referência

- KINDERMANN, Geraldo & CAMPAGNOLO, Jorge Mário. Aterramento Elétrico. Editora Sagra. 4ª Edição.
- DALBEN, A.A. Projeto de malhas de aterramento de subestações. 1987.

NBR 13571 "Haste de aterramento aço-cobreada".

NBR 5410 "Instalações elétricas de Baixa Tensão".

NBR 5456 "Eletricidade geral".

NBR 5460 "Sistemas de potência".

4. Considerações gerais

Em toda a instalação ou substituição de equipamentos especiais, equipamentos transformadores, pára-raios ou cabines de medição, é necessário a medição da resistência de terra do sistema de aterramento das mesmas.

Abaixo alguns conceitos e definições:

4.1. Eletrodo de aterramento: Elemento ou conjunto de elementos do sistema de aterramento que assegura o contato elétrico com o solo e dispersa a corrente de descarga atmosférica na terra.

4.2. Resistência de aterramento: Resistência elétrica entre o eletrodo de aterramento considerado e a terra de referência.

4.3. Condutor de aterramento: Condutor ou elemento metálico que faz ligação elétrica entre uma parte de uma instalação elétrica que deve ser aterrada e o eletrodo de aterramento.

4.4. Terrômetro: Equipamento destinado a obtenção do valor de resistência de aterramento.

5. Métodos de medição

O método adotado no sistema FECOERGS é o da queda de tensão utilizando o aparelho medidor de resistência de aterramento.

Um gerador injeta corrente "I" no terreno através de eletrodos auxiliares. A tensão "V" gerada pela corrente é lida pelo instrumento, que internamente aplica a 1ª lei de ohm e indica numa escala expressada em ohms.

	ORIENTAÇÃO TÉCNICA - DISTRIBUIÇÃO	Número: OTD 034.01.02	Folha: 2/6
	MEDIÇÃO DE ATERRAMENTO	Emissão: 09/02/2006	Revisão: 00/00/0000

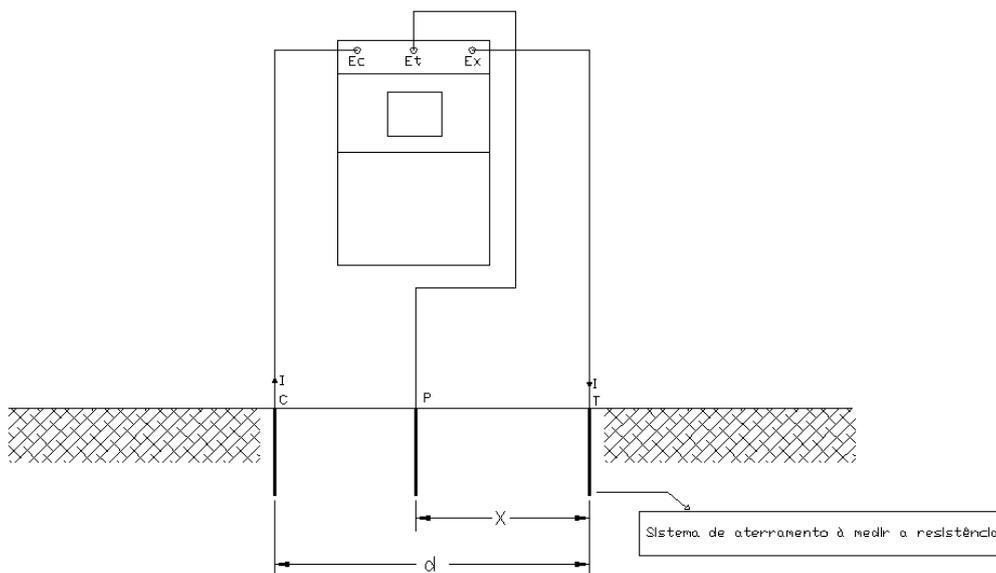


Figura 1 Método de medição

T = Eletrodo em teste P = Eletrodo de tensão C = Eletrodo de corrente

O método da medição consiste na aplicação de uma determinada corrente no sistema de aterramento em teste (T) fazendo-a circular através do eletrodo de corrente (C). Essa corrente irá provocar a aparição de potenciais na superfície do solo. Esses potenciais são medidos através do eletrodo P.

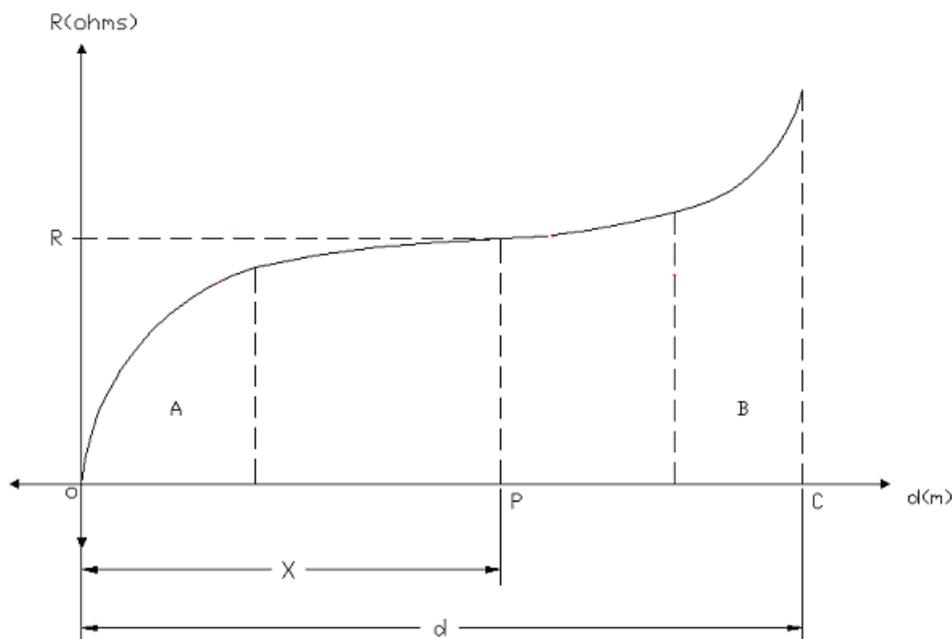


Figura 2 Gráfico comparativo da resistência com o espaçamento entre eletrodos.

O gráfico acima representa as alterações dos valores de resistência devido ao distanciamento dos eletrodos de potencial e corrente.

As resistências aparentes $R = V/I$ ao longo do trecho TC (0C) terá a mesma configuração. A resistência do sistema de aterramento em teste é o valor em Ohms do trecho da curva que tem valores constantes, constituindo um patamar.

	ORIENTAÇÃO TÉCNICA - DISTRIBUIÇÃO	Número: OTD 034.01.02	Folha: 3/6
	MEDIÇÃO DE ATERRAMENTO	Emissão: 09/02/2006	Revisão: 00/00/0000

Para a obtenção do valor real da resistência de terra de um sistema de aterramento é necessário instalar o eletrodo de potencial P fora da área de abrangência das regiões A e B.

A região A é caracterizada por uma distância pequena em relação ao sistema que está sendo testado. Neste caso existe uma interferência do próprio sistema, influenciando, portanto, na distorção do valor da resistência de terra.

A região B é caracterizada por uma distância pequena do eletrodo de potencial em relação ao eletrodo de corrente. Nesse caso a interferência será do próprio eletrodo de corrente, causando também uma distorção no valor da resistência.

O valor de X para que a medida da resistência de terra seja exata é determinado pela fórmula:

$$X = 0,618 \times d$$

A clareza do valor da resistência depende também da distância "d". Quanto maior a distância do eletrodo de corrente do sistema a se medir, maior será a exatidão no valor devido a diminuição de interferências do próprio sistema de aterramento.

Outro fato importante é que os condutores dos eletrodos devem ser lançados paralelamente entre si. Em nenhum momento deverá ser realizada a medição sobrepondo-se um ou outro condutor, devido a possíveis interferências.

Devem-se observar alguns cuidados na disposição dos condutores do terrômetro, no momento da medição:

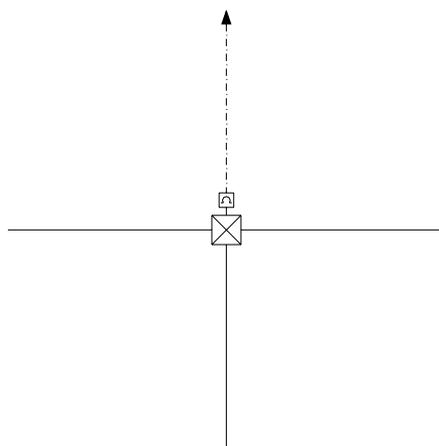


Figura 3 Disposição do terra1

Nesse caso a disposição do terrômetro (linha tracejada) deve se opor da disposição dos condutores do aterramento (linhas contínuas) para evitar influência do próprio sistema na medição.

Nesse caso os condutores do aterramento estão alinhados (linhas contínuas), os condutores do terrômetro (linhas tracejadas) devem ser lançados perpendicularmente ao aterramento, em qualquer um dos lados, dependendo das condições do local onde vai ser realizada a medição.

	ORIENTAÇÃO TÉCNICA - DISTRIBUIÇÃO	Número: OTD 034.01.02	Folha: 4/6
	MEDIÇÃO DE ATERRAMENTO	Emissão: 09/02/2006	Revisão: 00/00/0000

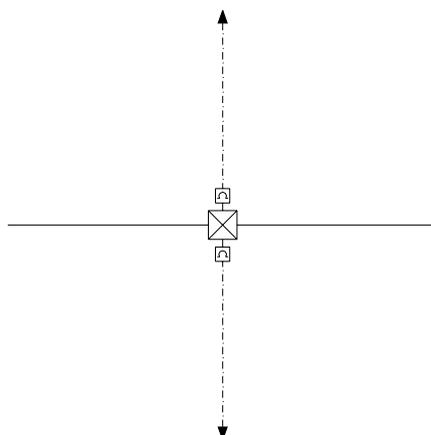


Figura 4 Disposição do terra 2

No caso a seguir, a disposição dos condutores do aterramento (cor preta) é ortogonal. Para esse tipo de sistema os condutores do terrômetro devem ser lançados num ângulo de 45° para qualquer quadrante do poste. A escolha do quadrante que será utilizado depende diretamente da condição do local onde será realizada a medição.

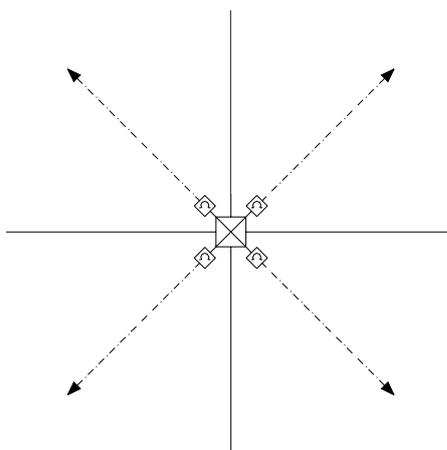


Figura 5 Disposição do terra 3

Nota: Em malhas de aterramento, ou em sistemas quadrados de hastes em paralelo os condutores do terrômetro podem ser lançados em qualquer direção (analisando-se as condições do local). Nesses casos a distância do eletrodo de corrente do sistema deve ser rigorosamente cumprida devida a grande probabilidade da interferência no valor medido.

6. Espaçamentos entre os eletrodos e sistema de aterramento

É necessário o correto espaçamento entre eletrodos de corrente e potencial em relação ao sistema de aterramento para não haver influência durante a medição. Abaixo uma tabela com valores de espaçamento conforme o tipo de sistema de aterramento. Cada tipo de sistema oferece duas colunas para cada eletrodo, uma com o valor ideal de distanciamento e outra com valores mínimos de distanciamento.

Sempre que possível deverão ser utilizados os distanciamentos ideais. Em locais onde não há possibilidade de mantermos estes espaçamentos, poderão ser utilizados os distanciamentos mínimos.

	ORIENTAÇÃO TÉCNICA - DISTRIBUIÇÃO	Número: OTD 034.01.02	Folha: 5/6
	MEDIÇÃO DE ATERRAMENTO	Emissão: 09/02/2006	Revisão: 00/00/0000

Sistema de aterramento	Eletrodo de tensão (m)		Eletrodo de corrente (m)	
	Ideal	Mínimo	Ideal	Mínimo
Uma haste	16	6	28	10
Duas hastes	21	10	35	17
Três hastes	26	15	42	24
Quatro hastes	29	19	48	31
Duas hastes //	21	10	35	16
Três hastes //	26	13	42	22
3 x 3 //	42	16	64	28
3 x 3 x 3 //	42	16	64	28
4 x 4 x 4 //	49	17	76	29
5 x 5 x 5 //	50	18	80	31
Malhas de terra	29	16	48	26

Notas: Para as configurações de aterramento que não se enquadram na tabela, pode ser utilizada a regra geral de que o eletrodo de corrente seja instalado a uma distância mínima de cinco vezes a maior dimensão ou diagonal do sistema.

Recomenda-se a utilização de terrômetros com cabos, de no mínimo, 20m para o eletrodo de tensão e 40m para o de corrente.

7. Procedimentos para a medição

Num primeiro momento deverão ser analisadas as condições do local e a disponibilidade do mesmo para o lançamento dos condutores dos eletrodos do terrômetro.

Testar a bateria ou pilhas do equipamento de medição (terrômetro).

Nas medições da resistência de aterramento deverão ser sinalizados os locais onde serão realizadas as medições, conforme OTD 001.01.01 Sinalização e isolamento da área de trabalho.

As medições das resistências de sistemas de aterramentos novos deverão ser feitas no momento de sua instalação quando o sistema ainda não está interligado na descida do poste.

Em aterramentos existentes, a medição da resistência de aterramento, deverá ser executada com estes isolados do sistema e com os equipamentos, tais como, transformadores, pára-raios, capacitores e neutros, desenergizados.

O terrômetro deverá ser posicionado junto ao sistema a ser medido, para após serem lançados os condutores dos eletrodos, seguindo a direção e o espaçamento determinados.

Após o lançamento dos condutores, os eletrodos de prova deverão ser cravados o mais profundo possível (aproximadamente 30 cm).

Para correta realização da medição deverá ser realizada, inicialmente, a medição com o eletrodo de potencial a 0,6 vezes o valor da distância do eletrodo de corrente (conforme os espaçamentos da tabela). Após a leitura desse valor devem ser realizadas mais duas medições. Na primeira delas o eletrodo de potencial deve ficar a 0,5 vezes a distância do eletrodo de corrente. Na segunda medição o eletrodo de potencial deve ser colocado a 0,7 vezes a distância do eletrodo de corrente.

Os valores de resistência poderão possuir valores distintos, porém com diferença muita pequena. Esse fato ocorre devido as medições terem sido feitas na região do patamar conforme o gráfico da fig. 2.

	ORIENTAÇÃO TÉCNICA - DISTRIBUIÇÃO	Número: OTD 034.01.02	Folha: 6/6
	MEDIÇÃO DE ATERRAMENTO	Emissão: 09/02/2006	Revisão: 00/00/0000

Se houver diferenças sensíveis entre os valores medidos, deverá ser aumentada a distância entre o eletrodo de corrente e o sistema de aterramento.

Se não houver variações sensíveis, o valor da resistência de aterramento será a média aritmética dos três valores medidos.

A utilização de escala é importante para a correta leitura da resistência de terra. Desta forma, quando da realização da medida, é importante verificar em qual escala encontra-se o aparelho, começando a medição pela escala mais elevada, reduzindo-se, caso necessário, para efetuar-se a medida.

Se o ponteiro do medidor se mostrar insensível nas várias escalas (considerando-se que o aparelho e a bateria estão em bom estado), será preciso testar a resistência do eletrodo de tensão. Para isto trocam-se entre si no aparelho as conexões dos cabos que ligam o eletrodo em teste e eletrodo de tensão conforme a figura abaixo. A resistência do eletrodo de tensão não poderá suplantar o valor de $1k\Omega$. Caso afirmativo, suspender a tarefa e recolher o equipamento para manutenção.

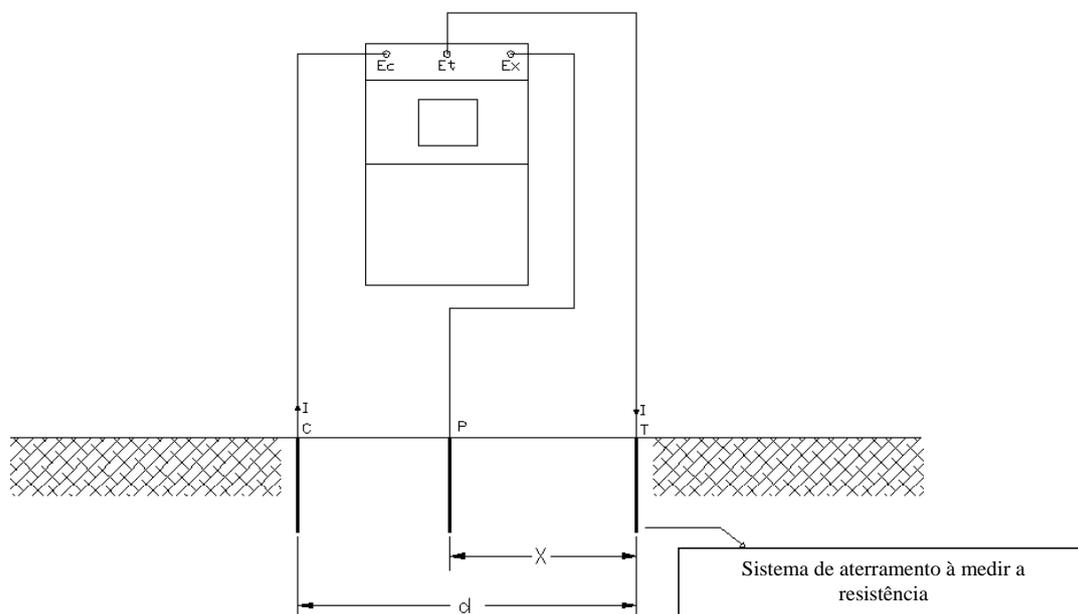


Figura 6 (Disposição para teste de eletrodo)

Nas medições onde existe interferência (oscilações bruscas do ponteiro), outra medição deverá ser feita perpendicular em relação a anterior.

Notas: 1. Nem sempre a existência de muros, pequenas edificações e outros obstáculos impedem a realização das medições. Muitas vezes esses obstáculos podem ser contornados ou suplantados pelos cabos permitindo a instalação das hastes em locais escondidos.

2. Não é permitido realizar medições em locais alagados ou encharcados, nem durante ou imediatamente após chuvas ou trovoadas.

3. Alguns terrômetros possuem alarme e indicam com um BIP intermitente algum problema no circuito de medição. Nesse caso o operador deverá revisar as ligações dos cabos e eletrodos. Se o bip continuar deverá ser verificado a continuidade dos cabos. Também pode ser revisado o estado da bateria.

7. Considerações finais

Após a utilização do equipamento o mesmo deverá ser limpo e cuidadosamente guardado.